

## LAMPIRAN I

### DATA PENGAMATAN

#### 1. Data Spesifikasi *Ceramic Infrared Heater*

Tabel 3. Spesifikasi Pemanas Keramik Inframerah

Parameter	Unit	Hasil
Ukuran	mm	
Temperatur Operasi Max.	°C	750
Arus	ampere	2'3
Daya	Watt	450
Voltase	Volt	220

#### 2. Data Kondisi Operasi

Tabel . Kondisi Operasi Proses Pencairan Batubara

Sampel	Ukuran (mesh)	Jenis Katalis	Jenis Pelarut	Rasio BB : Pelarut	Temp. Pemanasan (°C)	Temp. Kondensor (°C)
Lignit	200	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ZnCl <sub>2</sub>	Kerosin	1 : 2	400	25

3. Data Analisa Bahan Baku Batubara

Tabel 4. Hasil Analisa Proksimat Batubara *Brown Coal*

Parameter	Unit	Hasil
Total Moisture	% adb	28,431
Ash Content	% adb	38,599
Volatile Matter	% adb	4
Fixed Carbon	% adb	57,44
Gross Calorific Value	Kcal/g	5295

Tabel 5. Hasil Analisa Ultimat Batubara *Brown Coal*

Parameter	Unit	Hasil
Karbon	% adb	61,761
Hidrogen	% adb	5,0639
Nitrogen	% adb	0,84693
Total Sulfur	% adb	0,5600
Oksigen	% adb	31,7681

4. Data Produk Hasil Pencairan Batubara

Tabel 6. Hasil Pencairan Batubara

Ukuran Partikel (mesh)	Jenis Katalis	% Katalis	Volume ml
200	$\text{Fe}_3\text{O}_4$	3	413
		4	416
		5	426
200	$\text{Al}_2\text{O}_3$	3	448
		4	452
		5	458

200	ZnCl <sub>2</sub>	3	504
		4	510
		5	437

5. Analisa Produk Hasil Pencairan Batubara

Tabel 7. Analisa Produk Hasil Pencairan Batubara

Jenis Katalis	% Katalis	Densitas gr/cm <sup>3</sup>	Titik nyala	Nilai kalor	Viskositas	% Konversi
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	3	0,7987	77,6	11300	7,0	20,91
	4	0,7805	73,2	11334	6,2	22,12
	5	0,7685	70,1	11406	6,1	25,34
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3	0,7825	53,9	11500	5,9	27,92
	4	0,7756	52,1	11603	5,7	29,74
	5	0,7670	51,8	11654	5,5	31,65
ZnCl <sub>2</sub>	3	0,7742	55,8	11800	6,4	35,50
	4	0,7650	52,7	11830	6,1	36,08
	5	0,7509	51,6	11876	6,2	38,63

## LAMPIRAN II PERHITUNGAN

### II.1. Menghitung Desain Reaktor

Untuk menghitung desain reaktor yang akan digunakan dalam penelitian ini dilakukan studi literatur seperti Pherry's Chemical Eng. Handbook, p 6 dan Plant Design and Economics for Chemical Engineer. Adapun tahapan perhitungannya adalah sebagai berikut :

#### 1. Spesifikasi Reaktor

Kondisi Operasi :

Temperatur, T = 450°C

Tekanan, P = 30 kg/cm<sup>2</sup>

Laju alir massa, F = 100 gr/jam

Densitas campuran,  $\rho_{camp}$  = 1,09 gr/cm<sup>3</sup>

Waktu, t = 1 hari

#### 2. Menghitung Densitas Campuran, $\rho_{camp}$

Tabel 9. Campuran bahan baku

Komponen campuran	m (gr)	% m	$\rho$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$\rho_{camp}$ (gr/cm <sup>3</sup> )
Batubara	1000	33	1,50	0,49
Pelarut	2000	66	0,86	0,57
Katalis	30	1	2,91	0,03
Total	3030	100		1,09

#### 3. Menghitung Volume Keseluruhan

Reaktor yang digunakan adalah berbentuk silinder tegak dengan tutup elipsoidal maka untuk menghitung volume keseluruhan menggunakan persamaan berikut :

$$V = \frac{F \times t}{\rho_{camp}} \quad (1)$$

maka,

$$V = \frac{F \times t}{\rho_{camp}}$$
$$V = \frac{1000 \text{ gr} \times 24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 1 \frac{\text{hari}}{\text{jam}}}{1,09 \text{ gr/cm}^3}$$
$$V = 2764,42 \text{ cm}^3$$

#### 4. Menghitung Diameter Reaktor, $D_T$

- a. Volume bagian silinder,  $V_s$

$$V_s = \frac{\pi}{8} D^3 \quad (2)$$

- b. Volume bagian head,  $V_h$

$$V_h = \frac{\pi}{24} D^3 \quad (3)$$

- c. Volume total tangki,  $V_T$

$$V_T = V_s + V_h \quad (4)$$

$$= \frac{\pi}{8} D^3 + \frac{\pi}{24} D^3$$
$$= \frac{\pi}{6} D^3 \quad (5)$$

maka, untuk menghitung diameter tangki adalah :

$$V_T = \frac{\pi}{6} D^3$$
$$D_T = \left( \frac{6 \times V_T}{\pi} \right)^{1/3}$$
$$D_T = \left( \frac{6 \times 2764,42 \text{ cm}^3}{\pi} \right)^{1/3}$$
$$D_T = 18 \text{ cm}$$

#### 5. Menghitung Tinggi Reaktor, $H_T$

- a. Tinggi silinder,  $H$

$$H = 2 \times D$$
$$(6)$$
$$= 2 \times 18 \text{ cm}$$
$$= 36 \text{ cm}$$

b. Tinggi elipsoidal,  $h$

$$\begin{aligned}h &= 0,75 \times D \\&= 0,75 \times 18 \text{ cm} \\&= 13,5 \text{ cm}\end{aligned}\tag{7}$$

c. Tinggi total reaktor,  $H_T$

$$\begin{aligned}H_T &= H + h \\&= 0,75 \times 18 \text{ cm} \\&= 13,5 \text{ cm}\end{aligned}\tag{8}$$

#### 6. Menghitung Tebal Dinding, $t$

Untuk mengetahui tebal tangki yang akan digunakan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$t = \frac{P \times R}{(S \times E) - 0,6 P}\tag{9}$$

dimana,

$$P = \text{tekanan desain} = 30 \text{ kg/cm}^2$$

$$R = \text{jari-jari tangki} = 9 \text{ cm}$$

$$S = \text{allowable stress} = 9931,97 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = \text{joint efisiensi} = 85\%$$

$$C = \text{allowable corrosion} = 3,493 \text{ cm}$$

maka,

$$\begin{aligned}t &= \frac{P \times R}{(S \times E) - 0,6 P} + 0,381 \text{ cm/th} \\&= \frac{30 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 9 \text{ cm}}{(9931,97 \text{ kg/cm}^2 \times 0,85) - 0,6 \times 30 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} + 3,493 \text{ cm} \\&= 3,85 \text{ cm}\end{aligned}$$

#### 7. Menghitung Diameter dan Tinggi Gasket

$$\begin{aligned}D_g &= D_T - \text{tebal} \\&= 18 \text{ cm} - 4 \text{ cm} \\&= 14 \text{ cm}\end{aligned}$$

karena  $D_g = T_g$ , maka  $T_g = 14 \text{ cm}$

## II.2. Perhitungan Analisa Proksimat Sampel

### a. Kadar Air

$$Kadar\ Air\ (\%) = \frac{(b-c)}{(b-a)} \times 100$$

Keterangan :

a = berat cawan kosong (gr)

b = berat cawan + sampel (gr) sebelum pemanasan

c = berat cawan + sampel (gr) setelah pemanasan

Berat cawan kosong = 49,28 gr

Berat cawan + sampel (sebelum pemanasan) = 50,3 gr

Berat cawan + sampel (setelah pemanasan) = 50,01 gr

$$Kadar\ Air\ (\%) = \frac{(50,3 - 50,01)\ gr}{(50,3 - 49,28)\ gr} \times 100 = 28,43\%$$

### b. Kadar Abu

$$Kadar\ Abu\ (\%) = \frac{(c-a)}{(b-a)} \times 100$$

Keterangan :

a = berat crussible kosong (gr)

b = berat crussible + sampel (gr) sebelum pemanasan

c = berat crussible + sampel (gr) setelah pemanasan

Berat crussible kosong = 28,11 gr

Berat crussible + sampel (sebelum pemanasan) = 29,13 gr

Berat crussible + sampel (setelah pemanasan) = 28,15 gr

$$Kadar\ Abu\ (\%) = \frac{(28,15 - 28,11)}{(29,13 - 28,11)} \times 100 = 4\%$$

c. Kadar Zat Terbang

$$Kadar\ Air\ (\%) = \frac{(b-c)}{(b-a)} \times 100$$

Keterangan :

a = berat crussible kosong + tutup (gr)

b = berat crussible + tutup + sampel (gr) sebelum pemanasan

c = berat crussible + tutup + sampel (gr) setelah pemanasan

Berat crussible kosong + tutup = 39,02 gr

Berat crussible + tutup + sampel (sebelum pemanasan) = 40,05 gr

Berat crussible + tutup + sampel (setelah pemanasan) = 39,36 gr

$$Kadar\ Zat\ Terbang\ (\%) = \frac{(40,05 - 39,36)\ gr}{(40,05 - 39,02)\ gr} \times 100 = 67\%$$

## II.2 Perhitungan Sifat Fisik Produk Light Oil

a. Perhitungan Densitas

Data Percobaan:

Berat piknometer kosong = 27,45 gr

Berat piknometer + air (15°C) = 52,43 gr

Berat piknometer + produk (15°C) = 49,3514 gr

Densitas air pada 15°C = 0,9927 gr/cm<sup>3</sup>

$$\text{Volume piknometer} = \frac{\text{Berat piknometer + air (15°C)} - \text{Berat piknometer kosong}}{\text{Densitas air pada 15°C}}$$

$$= \frac{(52,43 - 27,45)\ \text{gr}}{0,9927\ \text{gr/cm}^3}$$

$$= 25,1636\ \text{cm}^3$$

$$\text{Densitas produk 1} = \frac{\text{Berat piknometer + produk (15°C)} - \text{Berat piknometer kosong}}{\text{Volume piknometer}}$$

$$= \frac{(46,9312 - 27,45)\ \text{gr}}{25,1636\ \text{cm}^3}$$

$$= 0,7742\ \text{gr/cm}^3$$

$$= 0,7742\ \text{gr/cm}^3$$



Dengan perhitungan yang sama didapatkan hasil rekapitulasi densitas produk :

Jenis Katalis	% Katalis	Berat sampel + pikno (gr)	Densitas Produk (gr/cm <sup>3</sup> )
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	3	47,5481	0,7987
	4	47,0901	0,7805
	5	46,7882	0,7685
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3	47,1405	0,7825
	4	46,9668	0,7756
	5	46,7504	0,7670
ZnCl <sub>2</sub>	3	46,9312	0,7742
	4	46.,7001	0,7650
	5	46,3453	0,7509

b. Perhitungan Viskositas Produk

Data Percobaan:

Diameter bola = 14,29 mm = 0,1429 cm

Jari-jari bola = 7,145 mm = 0,7145 cm

Densitas bola = 7,7 gr/cm<sup>3</sup>

Diameter tabung = 1,7 cm

Tinggi tabung = 17 cm

Percobaan ke-	Waktu (s)	Kecepatan (cm/s)
1	2,46	6,91
2	2,28	7,46
3	2,14	7,94
4	2,08	8,17
5	2,02	8,41
6	2,00	8,65
7	2,08	8,17
8	2,02	8,41
9	2,08	7,60

$$\begin{aligned}
 \text{Viskositas pada produk 1} &= \frac{(m-m_o)g}{6\pi r v} \\
 &= \frac{2/9 r^2 g (\rho_{\text{bola}} - \rho_{\text{cairan}})}{V \text{ rata-rata}} \\
 &= \frac{2/9 \times 0,7145^2 \text{ cm} \times 980 \text{ cm/s}^2 \times (7,7 - 0,7491) \text{ gr/cm}^3}{6,91 \text{ cm/s}} \\
 &= 111,83 \text{ s} \\
 &= 7,0 \text{ cSt}
 \end{aligned}$$

Dengan perhitungan yang sama didapatkan rekapitulasi viskositas produk :

Percobaan ke-	Waktu (s)	Kecepatan (cm/s)	Viskositas (cSt)
1	2,46	6,91	7,0
2	2,28	7,46	6,2
3	2,14	7,94	6,1
4	2,08	8,17	5,9
5	2,02	8,41	5,7
6	2,00	8,65	5,5
7	2,08	8,17	6,0
8	2,02	8,41	6,2
9	2,08	7,60	6,4

c. Menghitung % Batubara yang terkonversi

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Batubara yang terkonversi} &= \frac{\text{Batubara} - \text{Residu}}{\text{Batubara}} \times 100 \\
 &= \frac{300.06 \text{ gr} - 237,3175 \text{ gr}}{300.06 \text{ gr}} \times 100 \\
 &= 20.91 \%
 \end{aligned}$$

Dengan perhitungan yang sama didapatkan rekapitulasi % Konversi produk :

Percobaan ke-	Batubara (gr)	Residu (gr)	Persen Konversi (%)
1	300	237,3175	20,91
2	300	233,6405	22,12
3	300	223,9346	25,34
4	300	216,2433	27,92
5	300	210,7842	29,74
6	300	205,0564	31,65
7	300	193,5008	35,50
8	300	191,7623	36,08
9	300	184,1137	38,63

### **LAMPIRAN 3**

#### **GAMBAR-GAMBAR**

##### **1. Alat Pencairan Batubara**



**Gambar. Alat Pencairan Batubara**

##### **2. Bahan Baku**



**Gambar. Batubara 200 mesh**



**Gambar. Pelarut Kerosin**



Gambar. Katalis  $\text{ZnCl}_2$



Gambar. Katalis  $\text{Al}_2\text{O}_3$



Gambar. Katalis  $\text{Fe}_3\text{O}_4$

### 3. Produk



Gambar. Produk Minyak dari Katalis  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZnCl}$